

# INGENIERÍA AMBIENTAL Y GESTIÓN URBANA

## INDICADORES ECOLÓGICOS EN EL MONITOREO AMBIENTAL DE LAGUNAS RESTAURADAS: EL CASO COSTANERA SUR

Noemí Lobo, Ana Faggi, Laura de Cabo

Facultad de Ingeniería – Universidad de Flores

Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Lomas de Zamora

Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia

E-mail: [noemilobo@gmail.com](mailto:noemilobo@gmail.com), [afaggi2003@yahoo.com.ar](mailto:afaggi2003@yahoo.com.ar), [ldecabo@macn.gov.ar](mailto:ldecabo@macn.gov.ar)

### Resumen

*El presente trabajo desarrolla los indicadores ambientales en la recuperación de la laguna Los Coipos que, en abril de 2013, se decidió intervenir mediante una obra hidráulica desde el Río de la Plata con el objetivo de bombear 300.000 m<sup>3</sup> de agua hasta el lecho seco para favorecer el retorno de las aves. Además, para reducir la cantidad de *Typha latifolia* de la laguna, cobertura dominante, se está llevando a cabo un desmalezamiento mecánico y dragado del lecho en algunos sectores.*

*Para estudiar la dinámica temporal de las características físicas y químicas del agua, se realizaron muestras durante su llenado en 5 sitios. La calidad del agua de la laguna respondió no sólo a un gradiente espacial, sino también a las intervenciones antrópicas en el sistema. Las tareas realizadas favorecieron la oxigenación de las aguas en el tramo más cercano a la entrada del fluido, donde se desa-*

*rolló el dragado. En el período en el que las tareas fueron suspendidas (enero a septiembre 2014), los niveles de oxígeno disuelto (OD) disminuyeron considerablemente y los valores de los nutrientes (PRS y NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), aumentaron en el sitio C3 (Fig.1).*

*Estas actividades de manejo favorecieron el retorno de las aves acuáticas y palustres, sin embargo la presencia de ruidos y maquinarias las estrecharon en las etapas biológicas de su ciclo anual.*

### Palabras Claves:

Indicadores ecológicos - Monitoreo ambiental - Aves palustres

### Abstract

During his training, the Industrial Engineer acquires capacities for: planning, resource management and analyzing processes. In general, once he has entered the labor market, his aims are focused on problem solving at an industrial level. However, a great part of his skills are suitable at a regional level, such as the planning of cities and the environmental preservation. Therefore, it is here, where the progress of urban development, population growth and the conflicts in the use of soil, make up a network of interactions and impacts that require a holistic approach in order to obtain

comprehensive and efficient solutions that aim to the environmental sustainability of the system. In this context, there was an evaluation of the fields where the graduates gain capabilities that could be used in the planning of cities, with the emphasis on the environmental problems, in institutions such as municipalities, basin authorities, industrial parks, or industries that are starting their industrial restructuring. For this purpose, we explored the relationship of the tools they used at regional level, which could also be used at an industrial level. We checked the performance of the Industrial

Engineers at the IX Congreso Latinoamericano (IX Latin-American Conference) of the IIE (Research and Educational Institute) and we carried out a critical revision of the curricula of the Industrial Engineering careers in the Universities of Argentina.

### Key words:

Industrial Engineering - environmental planning - sustainable cities - research

## INTRODUCCIÓN

Los Coipos pertenece a un conjunto de lagunas de llanuras de inundación insertas en la Reserva Ecológica Costanera Sur, en la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. Esta Reserva urbana de 360 hectáreas, creció naturalmente sobre terrenos ganados al río. Fue declarada sitio RAMSAR (2005), denominación otorgada a los humedales de importancia mundial. Uno de los requisitos para pertenecer a esa categoría, es poseer un tercio de ambientes acuáticos. Es un área de vital importancia para la conservación de aves silvestres. El humedal cuenta con cuatro lagunas que no están conectadas con el río, dependen fundamentalmente del balance entre lluvias y evaporación. No son profundas y no tienen un contorno definido. En las orillas inundables se desarrollan bañados, vegetados por totoras (*Typha latifolia*) y cortaderas (*Cortaderia selloana*). Actualmente en su mayoría se encuentran secas y cubiertas de vegetación excepto la laguna Los Coipos que se encuentra intervenida. En sus orillas posee vegetación típica de las lagunas con manchones de saetas (*Sagittaria montevidensis*), repollito de agua (*Pistia stratiotes*) y lenteja de agua (*Lemna minuta*), conservando un 70% de agua libre.

## Objetivos

### General

Evaluar y monitorear el proceso de recuperación de la laguna para favorecer el regreso de aves acuáticas y palustres.

### Específicos

- Describir el estado de la laguna a partir de su intervención.
- Monitorear la calidad del agua que ingresa a la laguna.
- Monitorear la calidad del agua y la profundidad de la laguna
- Estimar la riqueza y diversidad de especies de aves y mariposas vinculadas a sistemas lacustres como bioindicadores de calidad de hábitat.
- Evaluar la eficacia de la intervención.

## Calidad del Agua Materiales y Métodos

A partir de noviembre de 2013, se da comienzo a un estudio para caracterizar la laguna a través de distintas variables morfométricas: área, perímetro y nivel del agua. Para estudiar la dinámica temporal de las características físicas y químicas del agua de la laguna de Los Coipos, se realizaron muestreos durante el llenado de la misma en 5 sitios: en la toma de agua en el Río de la Plata (RP), en el Canal Viamonte (CV), que conduce el agua bombeada hasta la laguna, y en 3 sitios dentro de ésta (C1 a C3) (Fig. 1). Se determinaron in situ oxígeno disuelto con sensores marca Hanna®, pH, conductividad eléctrica y temperatura. En laboratorio se determinó sólidos suspendidos totales (SST) mediante gravimetría utilizando filtros Whatman GF/C; amonio ( $\text{N-NH}_4^+$ ) con indofenol azul; fósforo reactivo soluble (PRS) con molibdato ascórbico, y cloruros por volumetría con nitrato de plata (APHA et al., 1992; Strickland y Parsons, 1972).



Figura 1 Localización de la laguna de Los Coipos detallando sitios de muestreos de agua

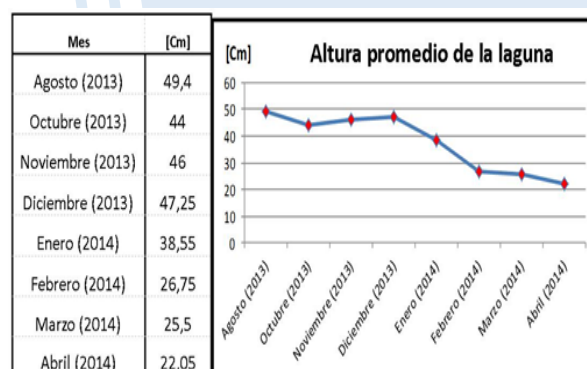


Tabla 1. Fuente: En base a datos proporcionados por la Reserva Ecológica Costanera Sur

El proyecto de recuperación de la laguna incluía desmalezado, dragado y bombeo de 300.00 m<sup>3</sup> de agua desde el Río de La Plata. El llenado de la laguna comenzó durante el invierno de 2013 y finalizó repentinamente en enero de

2014. En la Tabla 1, se puede observar la disminución de altura en los meses siguientes a la finalización del bombeo. En septiembre de 2014 se reanudó el plan de desmalezamiento. Análisis de los resultados

#### Del análisis surgen los siguientes resultados:

la concentración de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ) descendió al ingresar en el canal Viamonte (CV) debido a la abundante vegetación flotante que absorbe este nutriente mediante la fito-extracción. Los valores medios para este ácido resultaron ser  $477 \mu\text{g/l}$ , en el punto de toma de agua (RP), y  $148 \mu\text{g/l}$  en el canal Viamonte (CV). En un ambiente oxigenado a sub-oxigenado como el que ocurre en C3, el  $\text{NH}_4^+$  es oxidado a nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y posteriormente se libera al medio como nitrógeno ( $\text{N}_2$ ) previa desnitrificación producida en los estratos anóxicos. En C1 y C2, la descomposición de materia orgánica y la amonificación, causaron aumentos de los valores de amonio (ver esquema del proceso de nutrientes punto 1). A partir de mayo las condiciones de la laguna se hicieron más homogéneas, no existiendo grandes diferencias en las concentraciones de amonio medidas en los tres sitios (Gráfico 1).

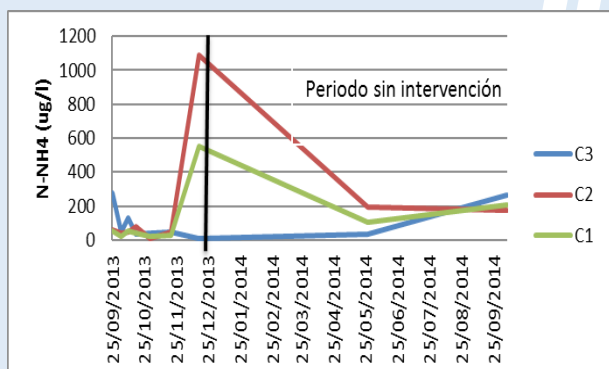


Gráfico 1. Concentración de amonio en los diferentes sitios muestreados en la laguna

El comportamiento del fósforo depende de la cantidad, la naturaleza de la materia orgánica sedimentada en el lecho de la laguna, de la actividad de los organismos y del potencial redox. El fósforo soluble (PRS) promedio aumentó de  $150,6 \mu\text{g/l}$  en C3 a  $419,5 \mu\text{g/l}$  en C2 y  $418 \mu\text{g/l}$  (Tabla2), ya que parte del fósforo constituyente de la materia orgánica depositada sobre el sedimento se liberó rápidamente a partir de la actividad degradadora de bacterias. Además, en condiciones oxidantes, el fósforo se encuentra principalmente ligado a sedimentos (C3), liberándose a la columna de agua si el ambiente se torna anóxico o sub-oxigenado (Hutchinson, 1999), como es el caso de los sitios C1 y C2 durante la intervención. Por otra parte, la remoción de sedimentos y vegetación en C3 por efecto del dragado implicó

la eliminación de una fuente local de fósforo (ver esquema del proceso de nutrientes). Al igual que lo ocurrido con el amonio, las concentraciones de PRS fueron homogéneas a partir de mayo 2014 en los tres sitios de la laguna (Gráfico 2).

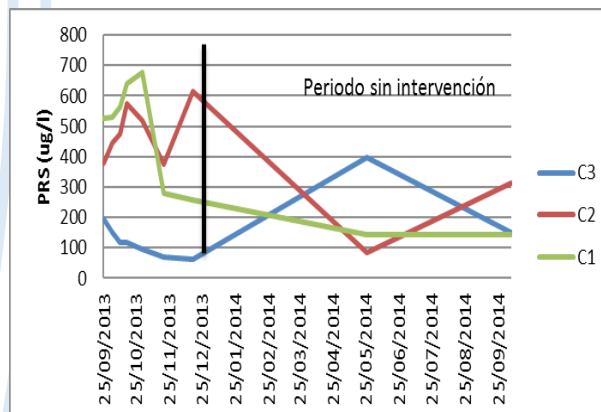


Gráfico 2. Concentraciones de fósforo en los diferentes sitios de la laguna

Los valores de sólidos totales (SST) resultaron elevados en C3 respecto a C1 y C2 durante la intervención ya que el dragado fue realizado fundamentalmente en la porción de la laguna cercana a la entrada de agua (C3), lo cual produce la re-suspensión de sólidos depositados en ese sitio (Gráfico 3). La elevada concentración de sólidos suspendidos (SST) en el Río de la Plata (RP), con un valor mediano de  $36,1 \text{mg/l}$ , obedece a la mayor carga de sedimentos transportados por el río, la mayor influencia del viento en la re-suspensión de los sólidos y a la circulación de embarcaciones en la entrada al puerto de Buenos Aires (Gráfico 3). Los sólidos decantaron a lo largo del canal Viamonte disminuyendo la concentración promedio a  $9,1 \text{mg/l}$ .

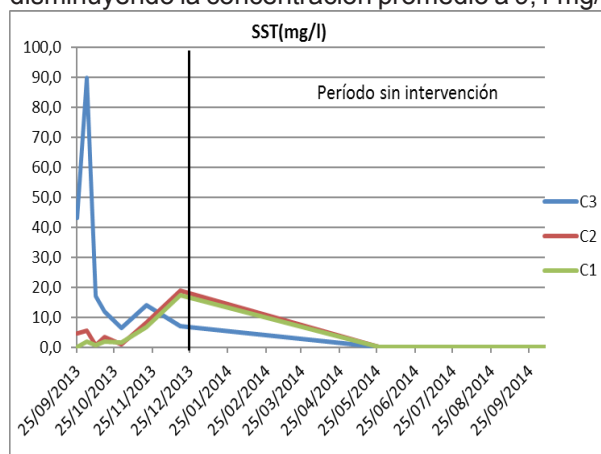


Gráfico 3. Concentraciones de sólidos suspendidos totales en los diferentes sitios de la laguna

El oxígeno disuelto tuvo una variación entre 0 y  $2,55 \text{mg/l}$ , resultó bajo en C1 y en C2,



registrándose episodios de anoxia, ocasionado fundamentalmente por el consumo de oxígeno por parte de los organismos descomponedores de la vegetación y al escaso movimiento del agua con respecto a C3 que varió entre 0 y 9,7 mg/l, los valores de oxígeno más elevados para este sitio, probablemente se deba al movimiento del agua al ingresar desde el canal Viamonte (Grafico 3). Como los niveles de nutrientes (amonio y fósforo) fueron inferiores en C3 respecto de C1 y C2, colaboraron en la disminución de riesgo de eutrofización.

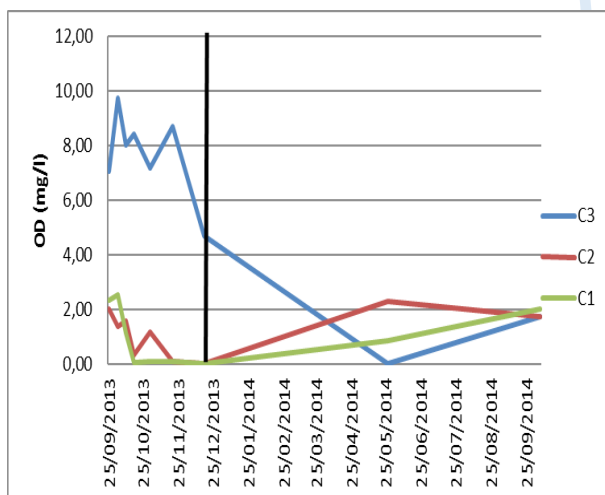
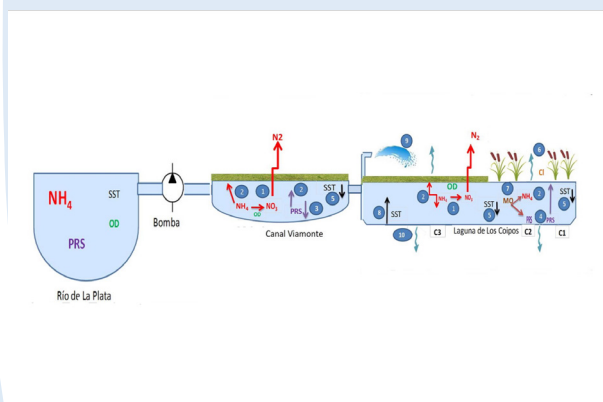


Gráfico 4. Concentraciones de oxígeno disuelto en los diferentes sitios de la laguna

La temperatura del agua fluctuó en correspondencia a la variación de la temperatura del aire, con valores medianos entre 19,7 °C (C1) y 21,6 °C (C3). El pH resultó levemente alcalino en casi todos los sitios con excepción del C2 que resultó neutro. En el caso de la conductividad eléctrica (CE), existió un gradiente espacial similar al hallado para los cloruros, observándose un incremento en sus valores de estas variables desde el Río de la Plata (RP), hasta el punto más alejado de la toma de agua (C1) debido a la evapotranspiración y a la disolución de sales depositadas en el lecho durante una intervención previa, donde la laguna se había llenado con agua subterránea de elevada conductividad. La calidad del agua de la laguna respondió no sólo a un gradiente espacial, sino también a las intervenciones antrópicas en el sistema. Las tareas realizadas favorecieron la oxigenación de las aguas en el tramo más cercano a la entrada del fluido donde se desarrolló el dragado. En el período en el que las tareas fueron suspendidas (enero a septiembre 2014), los niveles de oxígeno disuelto (OD) disminuyeron considerablemente y los valores de los nutrientes (PRS y  $\text{NH}_4^+$ ) aumentaron en el sitio C3.

## Diagrama explicativo de los procesos biogeoquímicos ocurridos en la Laguna de Los Coipos



- 1) Nitrificación – desnitrificación.
- 2) Absorción de nutrientes ( $\text{NH}_4$  y PRS) por la vegetación.
- 3) Retención de PRS en sedimentos oxigenados o sub-oxigenados.
- 4) Liberación de PRS desde sedimentos anóxicos.
- 5) Decantación de sólidos.
- 6) Evapotranspiración y evaporación. (concentración de sales como el cloruro).
- 7) Descomposición de materia orgánica por microorganismos (amonificación y liberación de fosfatos).
- 8) Re-suspensión de sólidos.
- 9) Oxigenación mecánica.
- 10) Infiltración.

## Respuestas de las aves a la restauración de la laguna

La presencia de las aves está estrechamente relacionada con la condición de los hábitats, ya que muchas especies resultan sensibles a la perturbación, lo cual las convierte en un grupo indicador de alteración o cambios en los ecosistemas.

## Área de estudio

El área efectiva de observación se definió como la superficie alrededor de la laguna que abarca 20,775 ha.

Se llevaron a cabo mediciones indirectas de riqueza y diversidad. Cada signo de presencia de aves fue caracterizado de la siguiente manera [Figura 2]:

- Puestos de observación: el área de la laguna se dividió en ocho sitios de conteo. El sitio A corresponde al margen interno (dentro de la reserva) sobre el Camino de los Lagartos. El sitio B corresponde al margen urbano de la laguna y se los individualiza en la Figura 2 como S1a, S2a, S3a, S4a y S1b, S2b,

S3b y S4b. Los sitios censados se califican por el número y tamaño de cada especie contabilizada. El censo se realiza una vez por mes durante todo el año. •El inventario avifaunístico de la laguna Los Coipos se realizó en un período de muestreo de un año, para cubrir el ciclo anual de las aves. Debido a la interrupción de manejo, se sigue realizando el registro.



Figura 2 Localización de la laguna de Los Coipos detallando sitios de muestreos de aves

### Riqueza de especies

Una manera relativamente sencilla de describir una comunidad es a través del estudio de la riqueza de especies que la conforman y se define como el número de especies presentes en un ecosistema en un período de tiempo. Con la remoción parcial de la vegetación invasora *Typha latifolia*, se desarrolló una interfase entre espejos de agua, vegetación y suelo anegado. Apartir de 18 observaciones en los 8 sitios de conteo en los dos márgenes de la laguna, se obtuvo una lista de 77 especies de aves, pertenecientes a 36 familias, de las cuales 36 especies son arborícolas, 17 son lacustres, 15 son acuáticas y 9 son aves del pastizal. Las especies más comunes en el área fueron *Rollandia rolland* (macá común), *Jacana jacana* (jacana), *Fulica armillata* (Gallareta ligas rojas) y *Netta peposaca* (Pato picazo). Entre las 32 especies acuáticas y lacustres, 14 de ellas son residentes y anidan en el área de la laguna, lo que implica que permanecen en el sitio durante todo el año y hacen uso de los recursos para llevar a cabo procesos biológicos importantes como reproducción y muda de plumaje. Generalmente anidan de octubre a diciembre, pero hay especies que lo hacen en invierno entre pajonales, como *Coscoroba coscoroba*, y otras, al final del invierno entre los juncos, como *Phleocryptes melanops*. También, se detectaron especies anidando en "isletas" formadas con

residuo vegetal y en árboles que bordean la laguna. En el período de suspensión de la intervención la riqueza y diversidad (Gráfico 5 y 6), muestran para el mes de junio el promedio más alto. Esto fue observado en los sitios S1b y S2b. Las aves utilizaron en forma diferencial ese sector de la laguna de acuerdo a la disponibilidad de agua y ausencia de dragado. El resto de los sitios se encontraban cubiertos de vegetación en un 90% con algunos sectores encharcados.

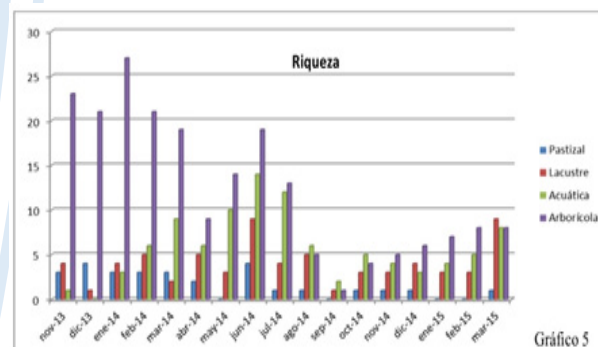


Gráfico 5

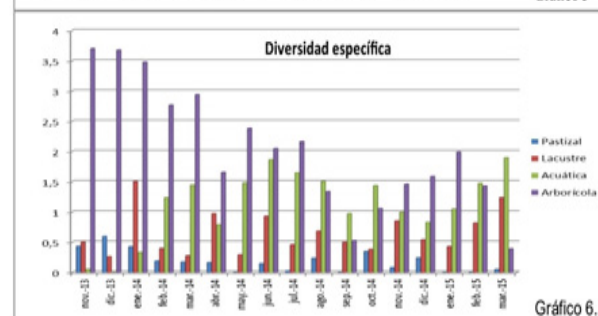


Gráfico 6.

Gráfico 5. Número total de especies registradas en cada hábitat

Gráfico 6. Diversidad específica medida con el índice de Shannon-Wiener

### Hábitat perturbado: diversidad y riqueza

La diversidad es el número de especies y su abundancia relativa presentes en un ecosistema en un determinado tiempo. La riqueza y la diversidad disminuyeron en septiembre de 2014. Esto podría estar vinculado al abandono de especies por la escasez de alimentos. Al no ingresar agua desde el río, se vio dañada la provisión de fauna ictícola. El ambiente generado por la "isla" formada de manera circunstancial con residuos vegetales ofreció el soporte ideal para la nidificación de *Coscoroba coscoroba*. Además, la laguna presentaba un espacio descubierto y con buen nivel, lo que podría deberse a las abundantes precipitaciones para el mes de septiembre que registró 218,3 mm. El aumento de la población de coscorobas (Fig. 3 Imagen 3) y la presencia de algunas gallaretas explicaría que la diversidad se



vea perjudicada en menor medida. La alimentación de estas aves es variada, aunque en general es herbívora, por lo que no se vieron afectadas por la cancelación de las obras y la disminución del nivel de la laguna y la mortandad de peces.



Figura 3. Imágenes tomadas en septiembre 2014

En el mismo mes, sólo se observaron 4 especies: coscoroba coscoroba (Coscoroba, Imagen 3), *Fulica leucoptera*, *Sturnus vulgaris* y *Trigisoma lineatum* (Imagen 2). La laguna se encontraba un 80% con cubierta vegetal (Figura 3, imagen 1 y 2). El coscoroba es una especie que nidifica en invierno y cría en primavera/verano; de los 2 individuos registrados en la laguna de Los Coipos, desde enero hasta julio de 2014, en agosto la población aumentó a 7 individuos, momento en que se vieron los polluelos. Este aumento de la población y la suma de las otras 3 especies, influyeron en el índice de diversidad de 1,5 (Gráfico 6). Los sitios 1b y 2a, se encontraban en un 80% sin vegetación con márgenes descubiertos que generaba el ambiente propicio para el arribo de aves acuáticas.

Con el reinicio de las tareas de desmalezado, que coincidió con la época de reproducción y arribo de especies, se alteró la estructura vegetal; esto afectó a las especies que nidifican en los juncos y totorales. Los residuos vegetales se depositaban en la "isla" por lo que se destruyeron nidos y se alteró el ambiente propicio para uso de las aves. Al relacionar la estacionalidad de las especies con sus preferencias de hábitat, se observó que la mayoría tienden a usar hábitats no perturbados por lo que se infiere que muchas especies abandonaron el lugar, debido a las tareas mecánicas de desmalezado y escasa superficie libre en la laguna. De acuerdo a las prioridades de uso de hábitat, de las 30 especies acuáticas sólo el género *Fulica* de la familia Rallidae fue observado en un ambiente perturbado (Imagen 1).



Imagen 1. Gallaretas. Imagen tomada en el sitio 3b el 21 de junio 2014

Las actividades de manejo favorecieron el retorno de las aves acuáticas en la laguna antes ocupada por pastizales. Sin embargo, la vegetación forma parte del ambiente lacustre y algunas especies de aves las utilizan como sitios de refugio, reproducción y alimentación, la generación de ruidos y la presencia de maquinarias, estresaron a las aves en las etapas biológicas de su ciclo anual. Son factores que se deben tener en cuenta en el momento del desmalezamiento para evitar efectos adversos.

## Bibliografía

- APHA – AWWA – WPCF. (1992). *Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales*. Madrid: Editorial Díaz de Santos
- Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. Facultad de ciencias exactas. UBA.
- Filipello A.M. y López de Casenave J. (1993). *Variación estacional de la comunidad de aves acuáticas de la reserva Costanera Sur*. Revista del Museo Argentino de Cs. Naturales "B. Rivadavia". Tomo IV, Nº 1.
- Narosky, Tito; Yzurieta, Darío (2003). *Guía para la identificación de las Aves de Argentina y Uruguay*. Edición de oro. Vázquez Mazzini Editores, Argentina.
- Strickland, J. y T. Parsons. (1972). *A practical handbook of seawater analysis*. Bulletin No. 167. Ottawa: Fisheries Research Board.
- Wetzel, R. (1981). *Limnología*. Barcelona: Omega.